مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۵، شماره ۲، سال ۱۳۹۸

عملکرد دانه گندم و نخود و برخی ویژگی‌های خاک تحت تاثیر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط دیم استان لرستان

Grain Yield of Wheat and Chickpea and Some Soil Properties as Affected by Different Tillage Systems Under Dryland Farming Conditions of Lorestan Province in Iran

فرزاد زلقی[۱]، سیداحمد قنبری[۲]، سیدمحسن موسوی نیک[۳]، علیرضا سیروس مهر[۴] و محمدامین آسودار[۵]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۴- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.
۵- استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ملاثانی خوزستان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۴

چکیده

زلقی، ف.، قنبری، س. ا.، موسوی نیک، س. م.، سیروس مهر، ع. و آسودار، م. ا. ۱۳۹۸. عملکرد دانه گندم و نخود و برخی ویژگی‌های خاک تحت تاثیر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط دیم استان لرستان. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵:** ۲۶۰-۲۴۵.

به منظور بررسی اثر اقلیم و نظام‌های خاک‌ورزی بر عملکرد گندم و نخود و برخی ویژگی‌های خاک در دیم‌زارهای استان لرستان، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با سه نظام خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم، حداقل خاک‌ورزی کاهشی و بی‌خاک‌ورزی، در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در سه اقلیم سرد (نورآباد)، گرم (کوهدشت) و معتدل (خرم‌آباد) استان لرستان اجرا شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اقلیم و اثر نظام خاک‌ورزی بر عملکرد دانه گندم و وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بود. اثر متقابل اقلیم × نظام خاک‌ورزی بر عملکرد دانه نخود، درصد رطوبت حجمی، درصد کربن آلی و دمای خاک معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم در کوهدشت (۲۵۱۲/۲۲ کیلوگرم در هکتار) و در بین نظام‌های خاک‌ورزی حداقل خاک‌ورزی (۲۴۲۲/۷۸ کیلوگرم در هکتار) بود. بیشترین عملکرد دانه نخود در کوهدشت (۱۸۲۸/۸ کیلوگرم در هکتار) در نظام حداقل خاک‌ورزی بدست آمد. کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در شهرستان کوهدشت در نظام خاک‌ورزی مرسوم به دست آمد. بیشترین درصد رطوبت حجمی (۲۲/۰۹ درصد) بیشترین درصد کربن آلی (۲/۰۱ درصد) و کمترین دمای خاک (۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد) در شهرستان خرم‌آباد در نظام بی خاک‌ورزی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه در نظام حداقل خاک‌ورزی دارای بیشترین مقدار و در تیمار بی خاک‌ورزی برای هر دو محصول دارای کمترین مقدار بود و بین تیمار خاک‌ورزی مرسوم و بی خاک‌ورزی برای گندم تفاوت معنی‌داری برای عملکرد مشاهده نشد. علاوه بر این، کمترین وزن مخصوص ظاهری خاک مربوط به نظام خاک‌ورزی مرسوم در شهرستان کوهدشت بود که با تیمار حداقل خاک‌ورزی در شهرستان خرم‌آباد تفاوت معنی‌داری نداشت. بر اساس نتایج این پژوهش عملکرد گندم و نخود و ویژگی‌های خاک در نظام حداقل خاک‌ورزی در شرایط دیم استان لرستان مطلوب بود.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، بی خاک‌ورزی، حداقل خاک‌ورزی، تناوب زراعی، کربن آلی.

نگارنده مسئول: zi.farzad@gmail.com تلفن:۰۵۴۳۱۲۳۲۱۲۲

مقدمه

افزایش سریع و روز افزون جمعیت کشور و تقاضا برای تغذیه مردم، لزوم برنامه‌ریزی برای تامین غذای کافی را بیش از پیش آشکار می‌نماید. این امر به یکی از چالش‌های مهم آینده تبدیل شده است. امروزه همین موضوع به همراه بهره‌برداری غیراصولی از خاک، منابع و اقلیم باعث بروز مشکلات عدیده زیست محیطی و به خطر افتادن امنیت غذایی جوامع بشری شده است. رویکرد امروزی جهانی به امر پایداری در همه زمینه‌های تولیدی از جمله کشاورزی که با حفاظت از منابع تولید معنی می‌یابد، دست اندرکاران بخش کشاورزی اعم از کشاورزان، کارشناسان، محققان را بر آن می‌دارد که نگاهی جدی‌تر و عمیق‌تر به مساله پایداری نظام‌های تولید کشاورزی و افق‌های پیش روی آن داشته باشند.

کشاورزی مرسوم بطور عمده بر اساس عملیات شخم استوار است. ابزار این عملیات گاوآهن برگرداندار است که در واقع نشانه کشاورزی محسوب می‌شود. در گذشته شخم باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شد که علت آن معدنی شدن مواد مغذی خاک بود. در صورتیکه این فرآیند در دراز مدت باعث کاهش مواد آلی خاک شده است (Qin *et al.*, 2007). شخم با استفاده از گاوآهن برگرداندار و سوزاندن بقایای گیاهی نقش زیادی در تخریب خاک‌های زراعی دارد. مواد آلی خاک قسمتی از نیازهای تغذیه گیاه را تامین می‌کند که با تخریب خاک‌های زراعی و کاهش مواد آلی خاک متراکم‌تر می‌شود، رواناب و فرسایش خاک افزایش می‌یابد و آثار نامطلوب خشکی نیز شدیدتر می‌شود، در این صورت واکنش گیاه به کوددهی نیز کاهش می‌یابد (Qin *et al.*, 2007).

در دراز مدت، عملیات شخم مرسوم، افزایش تراکم در توده خاک را باعث می‌شود و موجب کاهش تخلخل و ایجاد کلوخه‌های بزرگ در خاک، و در نتیجه منجر به کاهش آب و مواد غذایی قابل دسترس گیاه می‌شود (Qin *et al.*, 2007). به همین دلیل خاک‌ها به کمترین حاصلخیزی رسیده و در نهایت ضمن تخریب محیط زیست، سبب ناپایداری در عملکرد محصول، به خصوص در سال‌های خشک می‌شود (Zhao *et al.*, 2007). بنابراین، با ادامه روند کنونی در نظام‌های کاشت سنتی، احتمال اینکه در آینده تولید محصولات زراعی به دلیل افزایش جهانی بهای سوخت‌های فسیلی و حذف تدریجی یارانه‌ها، افزایش دستمزد نیروی کارگری، افزایش قیمت ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی، تغییر اقلیم و کاهش نزولات جوی و منابع آبی و تخریب و کاهش حاصلخیزی خاک‌های زراعی فاقد توجیه اقتصادی و فنی شود، وجود دارد (Blanco-Canqui and Lal, 2008).

در این راستا لازم است که عملیات خاک‌ورزی مبتنی بر شخم را تا حد امکان کاهش دهیم. تحقیقاتی که در این خصوص در

قرن گذشته انجام گرفته حاکی از آن است که گاوآهن برگرداندار دیگر نمی‌تواند به عنوان تنها وسیله اساسی خاک‌ورزی مطرح باشد (Koocheki and Boroumandzadeh, 2009). اساس خاک‌ورزی حفاظتی بر حفظ مقدار کافی بقایای گیاهی در سطح خاک، تردد کمتر ماشین‌آلات در زمین و دستکاری کمتر خاک استوار است. بنابراین حفظ بقایای گیاهی در سطح اراضی موجب فراهم آوردن محیطی مناسب برای نفوذ آب در خاک، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک و نگهداری برف در سطح مزرعه و نتیجتا ذخیره رطوبت در مناطق دیم می‌شود (Hemmat and Eskandari, 2004).

خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان بهترین روش به زراعی برای حفظ منابع آب و خاک مد نظر متخصصین و بهره‌برداران است. این نظام در کوتاه مدت سبب تغییر در تخلخل خاک، تهویه، همگنی توزیع مواد آلی و در دراز مدت باعث افزایش مواد آلی در لایه بالایی خاک و در نتیجه بهبود شرایط محیطی و تغذیه‌ایی موجوداتی که در لایه فوقاتی خاک فعالیت دارند می‌شود. نظام بی خاک‌ورزی نیز یکی از نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی است که علاوه بر تاثیر فوق منجر به کاهش هزینه‌های تولید، حذف آثار نامطلوب زیست‌محیطی، افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک، در نتیجه کاهش رواناب سطحی و آبشویی عناصر غذایی خاک و افزایش جریان‌های ترجیحی می‌شود. در یک آزمایش ۱۱ ساله مشخص شد که ذخیره رطوبتی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برای گندم زمستانه در روش بی خاک‌ورزی ۶۰ میلی‌متر و برای روش متداول ۵۵/۸ میلی‌متر بود که در مجموع ذخیره رطوبتی در روش بی خاک‌ورزی ۱۹/۳ درصد بهبود یافت (Jin *et al.*, 2011).

هم‌اکنون به دلیل عدم اجرای صحیح نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی در سطح وسیع در دیم‌زارهای کشور و متعاقب آن در استان لرستان که بدون مطالعه و بررسی شرایط لازم به کشاورزان توصیه می‌شود، اهمیت اجرای نظام‌های کشاورزی حفاظتی را دو چندان می‌کند. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر اقلیم و نظام‌های خاک‌ورزی بر عملکرد گندم و نخود و برخی ویژگی‌های خاک در مناطق دیم استان لرستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در دیم‌زارهای شهرستان‌های نورآباد، خرم‌آباد و کوهدشت در استان لرستان اجرا شد (جدول ۱).

به منظور تعیین میزان عناصر خاک محل آزمایش، در بهار سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ تعداد شش نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر با روش استاندارد از مکان‌های محل آزمایش تهیه و پس از مخلوط نمودن نمونه خاک‌ها، از هر مکان یک نمونه مرکب حاصل شد که این نمونه به

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی مکان‌های اجرای پژوهش (سازمان هواشناسی کشور، ۹۷-۱۳۹۶)
Table 1. Climatic characteristics of research sites (Iranian Meteorological Organization, 2017-18)

اقلیم Climate	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above the sea level (m)	مختصات جغرافیایی (طول و عرض) Geographical coordinate (longtitude and latitude)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Mean temperature (◦C)	دمای بیشینه مطلق (درجه سانتی‌گراد) Absolute maximum temperature (◦C)	دمای کمینه مطلق (درجه سانتی‌گراد) Absolute minimum temperature (◦C)	میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر) Average annual rainfall (mm)
نورآباد Nurabad	1860	48◦ 00' E 34◦ 03' N	11.06	37.20	-13.30	454.5
خرم‌آباد Khorramabad	1580	48◦ 34' E 33◦ 22' N	13.79	39.85	-6.05	473.0
کوهدشت Kuhdasht	1197	47◦ 39' E 33◦ 31' N	15.08	42.60	-6.60	452.9

آزمایشگاه ارسال گردید. پس از تجزیه خاک، نتایج به دست آمده به شرح جداول ۲، ۳ و ۴ تنظیم گردید.

سه نظام خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگرداندار و دیسک)، حداقل خاک‌ورزی (خاک‌ورز مرکب) و بی‌خاک‌ورزی (کاشت مستقیم بذر بدون خاک‌ورزی)، در هر کدام از اقلیم‌های سرد (نورآباد)، گرم (کوهدشت) و معتدل (خرم‌آباد بخش کمالوند) با سه تکرار در هر مکان اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در ۲۷ کرت آزمایشی (سه نظام خاک‌ورزی × سه اقلیم × سه تکرار) در دو مزرعه (گندم و نخود) به طور جداگانه اجرا شد.

به منظور تامین بقایای غلات دانه ریز، اراضی انتخاب شده در هر سه مکان با بقایای محصول قبلی (گندم) همراه بود. در زمان اجرای آزمایش ۳۰ درصد سطح زمین پوشیده از بقایا بود (میزان بقایای گندم بر مبنای پنج تن در هکتار برآورد شد). هر کرت به طول ۵۰ متر، شامل ۲۶ ردیف کاشت و فاصله ردیف ۱۷ سانتی‌متر برای گندم، و نه ردیف کاشت و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر برای نخود بود. عرض کرت‌ها ۴/۵ متر با توجه به اندازه عرض کار دستگاه کاشت (۲/۲ متر) با رعایت فاصله دو متری بین هر کدام از کرت‌ها در نظر گرفته شد.

مراحل آماده‌سازی زمین بعد از پیاده نمودن نقشه کاشت به سه روش زیر انجام شد.

- بی خاک‌ورزی: بدون هرگونه عملیات خاک‌ورزی و کاشت نخود و گندم با دستگاه کشت مستقیم انجام شد.

حداقل خاک‌ورزی: یک مرحله شخم حفاظتی توسط چیزل سپس کاشت نخود و گندم با خطی کار کشت گستر.

- خاک‌ورزی مرسوم: یک مرحله شخم با گاوآهن برگرداندار و دو مرحله دیسک

جدول ۲- خصوصیات بافت خاک مکان‌های اجرای پژوهش

Table 2. Soil texture properties of research sites

Climate	اقلیم	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture	
Nurabad	نورآباد	29.0	43.0	28.0	Loam	لوم
Khorramabad	خرم‌آباد	24.8	38.0	37.2	Loam	لوم
Kuhdasht	کوهدشت	21.0	40.0	39.0	Loam	لوم

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان‌های اجرای پژوهش (سال اول)

Table 3. Soil physical and chemical properties of research sites (First year)

Climate	اقلیم	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds m^{-1})	اسیدیته pH	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	درصد نیتروژن N (%)	درصد کربن آلی OC (%)	وزن مخصوص ظاهری خاک Bulk density
Nurabad	نورآباد	0.85	7.40	238	7.40	0.06	0.73	1.39
Khorramabad	خرم‌آباد	0.45	7.50	295	13.2	0.10	0.91	1.30
Kuhdasht	کوهدشت	0.46	7.57	325	4.6	0.09	0.87	1.34

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مکان‌های اجرای پژوهش (سال دوم)

Table 4. Soil physical and chemical properties of research sites (Second year)

Climate	اقلیم	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds m^{-1})	اسیدیته pH	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	درصد نیتروژن N (%)	درصد کربن آلی OC (%)	وزن مخصوص ظاهری خاک Bulk density
Nurabad	نورآباد	0.88	7.60	192	6.11	0.08	0.82	1.43
Khorramabad	خرم‌آباد	0.49	7.66	230	12.48	0.11	1.15	1.33
Kuhdasht	کوهدشت	0.51	7.76	260	3.40	0.10	1.07	1.30

انجام گردید، پس از آن با دستگاه خطی‌کار کشت گستر عملیات کاشت گندم و نخود همزمان انجام شد.

در سال اول گیاهان گندم و نخود در بقایای محصول قبلی (گندم) کشت شدند. در سال دوم گیاهان گندم و نخود با رعایت تناوب در بقایای گیاه سال قبلی در پاییز کشت شدند. ارقام کشت شده در این مکان گندم پاییزه رقم باران و نخود پاییزه رقم عادل بود. عملیات کاشت گندم و نخود در اول آذر در کرت‌های بی خاک‌ورزی بوسیله خطی کار کشت مستقیم ASKE2200 شرکت سازه کشت کاوه بوکان انجام شد. کاشت در سایر کرت‌های آزمایشی برای نخود و گندم با خطی کار، عمیق کار کشت‌گستر انجام شد. میزان مصرف بذر در هر سه مکان برای گندم ۱۸۰ و نخود ۷۵ کیلوگرم در هکتار بود.

برای کنترل شیمیایی علف‌های هرز در کرت‌های نخود از علف‌کش گالانت سوپر به نسبت یک لیتر در هکتار برای کنترل نازک برگ‌ها استفاده شد و علف‌های هرز پهن برگ به روش سنتی و با دست وجین شدند. علف‌های هرز پهن برگ و نازک برگ گندم با مخلوط سموم تاپیک و گرانستار به ترتیب با میزان مصرف یک لیتر و ۱۵ گرم در هکتار کنترل شدند. بعد از بازدیدهای دوره‌ای برای مبارزه علیه آفات و بیماری‌ها اقدامات لازم انجام گرفت. سمپاشی در کرت‌های آزمایشی با استفاده از سمپاش پشتی موتوری ۱۰ لیتری انجام شد.

با در نظر گرفتن نتایج آزمایش اولیه خاک مصرف کود شیمیایی تعیین و بر مبنای مقدار مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپر فسفات آمونیوم ۴۶ درصد، محاسبه و در حین کاشت گندم استفاده شد. برای نخود مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل محاسبه و در زمان کاشت استفاده شد. ضمنا مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از منبع اوره در بهار با توجه به زمان مناسب مصرف برای هر مکان و هر دو محصول، به صورت سرک استفاده شد.

اندازه‌گیری عملکرد دانه گندم و نخود در مرحله رسیدگی کامل با رعایت اثر حاشیه سه نمونه از سطح دو مترمربع به صورت تصادفی از قسمت میانی هر کرت برداشت شد. پس از جداسازی دانه از کاه، دانه‌های بدست آمده توزین و عملکرد دانه محاسبه شد.

برای تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر (استفاده از استوانه فلزی در سه عمق پنج سانتی‌متری)، پس از برداشت محصول از خاک دست نخورده انجام شد. جرم مخصوص ظاهری با استفاده از یک استوانه فلزی به ارتفاع پنج سانتی‌متر و قطر ۵/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. به‌طوری‌که از هر کرت پنج نقطه به طور تصادفی انتخاب و از هر نقطه یک نمونه گرفته شد. نمونه‌ها در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس

نمونه‌ها توزین شد و با تقسیم وزن نمونه توزین شده بر حجم کل سیلندر، وزن مخصوص ظاهری خاک محاسبه گردید (Chegini *et al.*, 2014).

محتوای آب خاک در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای این کار از سه نقطه مختلف هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت و از مخلوط نمونه‌ها یک نمونه برای تعیین محتوی رطوبتی خاک استفاده شد. برای این کار حجم مشخصی از خاک توسط رینگ استوانه‌ای با حجم مشخص (۱۰۰ سانتی‌متر مکعب) از هر تیمار انتخاب و بلافاصله این حجم خاک وزن گردید (وزن مرطوب) و سپس در دستگاه آون در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۴۸ ساعت جهت تعیین وزن خشک دوباره توزین گردید (وزن خشک). درصد رطوبت حجمی خاک هر تیمار با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Hakimian and Mahmoodi, 1998).

$$Qt = V_m/V_t$$

V_m = حجم آب خاک (تفاوت وزن مرطوب و وزن خشک خاک).

V_t = حجم کل نمونه خاک (۱۰۰ سانتی‌متر مکعب).

Qt = درصد رطوبت حجمی.

برای تعیین درصد کربن آلی خاک نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر پس از برداشت محصول از خاک دست نخورده انجام شد. مطالعه درصد کربن آلی به روش والکی بلک (Walkley and Black, 1934) انجام شد.

برای اندازه‌گیری دمای خاک از دماسنج‌های مخصوص (Dial Deep Frying Thermometer)، ساخت کشور فرانسه، در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌تری استفاده شد. برای این کار، دماسنج در بین ردیف‌های کاشت در عمق ۱۵ سانتی‌متر قرار گرفت و دمای خاک در تیمارهای مختلف آزمایش اندازه‌گیری شد. جهت افزایش دقت همزمان از سه دماسنج در هر کرت استفاده و میانگین دمای قرائت شده ثبت گردید. اندازه‌گیری دمای خاک در ظهر خورشیدی (ساعت ۱۲ ظهر) انجام گرفت.

پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از آزمایش، آزمون بارتلت برای همگنی واریانس خطای آزمایش‌ها انجام و با توجه به عدم معنی‌دار شدن آن تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای دو سال انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و ترسیم جداول با استفاده از نرم افزار Word انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اقلیم و اثر نظام‌های خاک‌ورزی بر عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر اقلیم و نظام خاک‌ورزی نشان داد کوهدشت از عملکرد دانه گندم بیشتر (۲۵۱۲/۲۲ کیلوگرم در هکتار) و نورآباد از

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب برای و عملکرد دانه گندم و نخود و برخی ویژگی‌های خاک تحت تاثیر اقلیم و نظام خاک‌ورزی

Table 5. Combined analysis of grain yield of wheat and chickpea and some soil properties as affected by climate and tillage system

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزای df	MS میانگین مربعات					
			عملکرد دانه گندم Wheat grain yield	عملکرد دانه نخود Chickpea grain yield	وزن مخصوص ظاهری خاک Soil bulk density	درصد رطوبت حجمی خاک Soil volumetric moisture	دمای خاک Soil temperature	درصد کربن آلی خاک Soil organic carbon content
Year (Y)	سال	1	104.167^{ns}	51.04^{ns}	0.00015^{ns}	0.295^{ns}	0.125^{ns}	0.0007^{ns}
Climate (C)	اقلیم	2	1683989.3**	1025478.1**	0.12740**	207.4**	62.80**	0.5806**
Y × C	سال × اقلیم	2	4047.3^{ns}	692.01^{ns}	0.00168^{ns}	0.085^{ns}	0.417^{ns}	0.0004^{ns}
Tillage systems (Ts)	نظام خاکورزی	2	896450.4**	1030071.8**	0.12740**	15.63**	20.17**	0.3528**
Y × Ts	سال × نظام خاکورزی	2	1797.3^{ns}	638.54^{ns}	0.00106^{ns}	0.173^{ns}	0.475^{ns}	0.0020^{ns}
C × Ts	اقلیم × نظام خاکورزی	4	30511.5^{ns}	1081675.0**	0.02327^{ns}	201.9**	73.82**	0.2352**
Y × C × Ts	سال × اقلیم × نظام خاکورزی	4	13074.8^{ns}	2563.88^{ns}	0.00418^{ns}	0.754^{ns}	1.436^{ns}	0.0078^{ns}
Error	خطای آزمایشی	36	88077.9	43894.56	0.0147	1.886	2.986	0.0262
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	13.57	19.57	8.89	8.87	6.87	9.91

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: غیر معنی‌دار.

* and**: Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

ns: Not- significant.

عملکرد دانه گندم کمتری (۱۹۰۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. همچنین بیشترین عملکرد دانه گندم (۲۴۲۲/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در نظام حداقل خاک‌ورزی و کمترین عملکرد دانه گندم (۱۹۷۹/۴۴ کیلوگرم در هکتار) در نظام بی خاک‌ورزی حاصل شد (جدول ۶).

نتایج فوق‌الذکر ممکن است به دلیل مزایای روش حداقل خاک‌ورزی از نظر بهبود وضعیت خاک نسبت به روش بی خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و بهبود وضعیت خلل و فرج خاک باشد که موجب حرکت آسان‌تر آب و جریان هوا در اطراف ریشه می‌شود و تولید محصول افزایش و هزینه‌ها مخصوصاً هزینه سوخت‌های فسیلی نسبت به نظام خاک‌ورزی مرسوم، با اجرای صحیح عملیات خاک‌ورزی، روش حداقل خاک‌ورزی می‌تواند جایگزین خوبی برای سایر روش‌ها باشد.

نتایج تحقیقات حاضر با نتیجه سایر پژوهشگران مطابقت دارد. گریگوراس و همکاران (Grigoras *et al.*, 2012a; Grigoras *et al.*, 2012b) با اجرای نظام‌های بی خاک‌ورزی و یا حداقل خاک‌ورزی در چند ایستگاه تحقیقات کشاورزی در کشور رومانی در مزارع بزرگ، برای محصولاتی نظیر گندم، ذرت، سویا و دیگر محصولات مهم گزارش کردند که اجرای نظام‌های بی خاک‌ورزی و یا حداقل خاک‌ورزی موجب بهبود عملکرد محصول، کیفیت دانه، خواص خاک، نفوذ آب و ترسیب کربن شد. نتایج ما با نتایج ژائو و همکاران (Zhao *et al.*, 2007) و شیلینگر و همکاران (Schillinger *et al.*, 2010) نیز موافقت داشت

اثر اقلیم، اثر نظام‌های خاک‌ورزی و برهمکنش آنها بر عملکرد دانه نخود معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد عملکرد دانه نخود در نظام حداقل خاک‌ورزی در کوهدشت (۱۸۲۸/۸ کیلوگرم در هکتار) بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. در حالیکه در نظام بی خاک‌ورزی در نورآباد عملکرد دانه (۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش معنی‌دار داشت (جدول ۷).

نتایج نشان داد که حداقل خاک‌ورزی ضمن بهبود وضعیت خاک با حفظ رطوبت خاک در مراحل حساس فنولوژیکی نخود (گل‌دهی) با باروری بیشتر نیام‌ها موجب بهبود عملکرد دانه شد. این نتایج با یافته‌های کتینگ و کوپر (Keatinge and Cooper, 1984) مطابقت داشت. آنها دریافتند که گیاه نخود حساسیت زیادی به عدم تخلخل خاک (ساختمان نامطلوب) داشته و ساختمان فیزیکی ضعیف خاک‌های قلیایی از عوامل مهمی است که اثر نامطلوب بر عملکرد و جوانه‌زنی نخود دارد.

اثر اقلیم و نظام‌های خاک‌ورزی بر وزن مخصوص ظاهری خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد وزن مخصوص ظاهری (۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اقلیم و نظام خاک‌ورزی بر عملکرد دانه گندم و وزن مخصوص ظاهری خاک

Table 6. Mean comparison of effect of climate and tillage system on wheat grain yield and soil bulk density

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) Wheat grain yield (kg ha^{-1})	وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density (g cm^{-3})
		Climate	**اقلیم**
Nurabad	نورآباد	1905.56c	1.45a
Khorramabad	خرم‌آباد	2140.83b	1.29b
Kuhdasht	کوهدشت	2512.22a	1.34b
		Tillage system	**نظام خاک‌ورزی**
Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	2156.39b	1.29b
Minimum tillage	حداقل خاک‌ورزی	2422.78a	1.34b
No tillage	بی‌خاک‌ورزی	1979.44b	1.45a

میانگین‌های، در هر ستون ،که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

مکعب) در نورآباد با تفاوت معنی‌داری بیشتر از کوهدشت و خرم‌آباد بود، به طوری که کمترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) به خرم‌آباد اختصاص داشت (جدول ۶). بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در نظام بی خاک‌ورزی و کمترین وزن مخصوص ظاهری (۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در نظام خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد (جدول ۶).

نتایج آزمایش‌های مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی مناطق خشک (ICARDA) نشان داد عملکرد دانه و عملکرد زیستی محصولات (گندم و عدس) در نظام بی خاک‌ورزی یکسان ولی برتری روش بی خاک‌ورزی در کاهش هزینه‌ها قابل توجه بود (Anonymous, 1992). تحقیق دیگر در این منطقه و در مورد تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی بر عملکرد کشت دیم در تناوب گندم- نخود نشان داده است که بکارگیری پنجه غازی بیشترین عملکرد را در گندم و نیز بی خاک‌ورزی، بیشترین عملکرد را داشت (Hemmat and Eskandari, 2004).

به نظر می‌رسد استفاده از گاوآهن برگرداندار در خاک‌ورزی مرسوم با ایجاد کلوخه و برگرداندن خاک عمقی به سطح خاک منجر به ایجاد خلل و فرج زیاد در لایه شخم خورده می‌شود و وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. این دستاورد با نتایج آزمایشات ۱۱ ساله که در شمال چین انجام شد مطابقت دارد، آنها با انجام عملیات خاک‌ورزی

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش اقلیم × نظام خاک‌ورزی بر عملکرد دانه نخود و برخی ویژگی‌های خاک

Table 7. Mean comparison of interaction effect of climates and tillage systems on chickpea grain yield and some soil properties

برهمکنش اقلیم × خاک‌ورزی Climate × tillage interaction	عملکرد دانه نخود (کیلوگرم در هکتار) Chickpea grain Yield (kg ha^{-1})	رطوبت حجمی خاک (درصد) Soil volumetric moisture (%)	دمای خاک (سانتی‌گراد) Soil temperature (°C)	کربن آلی خاک (درصد) Soil organic carbon soil (%)
C_1T_1	787.5d	17.32c	29.75a	1.36e
C_1T_2	1155.0bc	19.37b	26.60b	1.57de
C_1T_3	490.0e	21.46a	24.50bc	1.96ab
C_2T_1	1172.5b	8.67f	30.10a	1.36e
C_2T_2	1828.8a	13.46d	23.45cd	1.50de
C_2T_3	857.5d	16.76c	22.05d	1.78bc
C_3T_1	840.0d	9.55ef	24.85bc	1.50de
C_3T_2	1592.5a	10.60e	23.10cd	1.61cd
C_3T_3	910.0cd	22.09a	21.70d	2.01a

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

سه اقلیم شامل: نورآباد (C1)، کوهدشت (C2) و خرم‌آباد (C3)

سه نظام خاک‌ورزی شامل: خاک‌ورزی مرسوم (T1)، خاک‌ورزی کاهشی (T2) و بی‌خاک‌ورزی (T3)

Three climates included: Nurabad (C1), Kuhdasht (C2) and Khorramabad (C3)
Three tillage systems included: conventional tillage (T1), minimum tillage (T2) and no tillage (T3)

متداول با گاوآهن برگرداندار، کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری خاک را گزارش کردند (Jin *et al.*, 2011).

بنابراین وزن مخصوص ظاهری خاک در نظام‌های بی خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی بطور معنی‌داری بیشتر از نظام خاک‌ورزی متداول بود. در این مورد یکی از عوامل افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک در نظام‌های بی خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی عدم برگردان خاک است. در نظام بی خاک‌ورزی با ایجاد شیار کوچکی توسط تیغه شیار باز کن دستگاه کشت مستقیم، بذر در عمق مناسب قرار می‌گیرد و عملیات آماده‌سازی جهت کاشت بذر در سطحی محدود انجام می‌گیرد. بنابراین نه تنها بهم‌خوردگی خاک وجود ندارد، بلکه در اثر تردد کمتر ماشین‌ها و ادوات کشاورزی فشردگی خاک نیز کم می‌باشد که این موضوع به عنوان تنها عامل در افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک مطرح است. این نتیجه با یافته های عظیم‌زاده و همکاران

(Azimzadeh *et al.*, 2002) و محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2009) نیز مطابقت دارد.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اقلیم، نظام‌های خاک‌ورزی و اثر برهمکنش آنها بر درصد رطوبت حجمی خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در بیشترین درصد رطوبت حجمی در نظام بی‌خاک‌ورزی خرم‌آباد (۲۲/۰۹ درصد) بود (جدول ۷). کمترین درصد رطوبت حجمی (۸/۶۷ درصد) به کوهدشت در نظام خاک‌ورزی مرسوم تعلق داشت (جدول ۷). بالا بودن درصد رطوبت حجمی خاک در دو نظام بی خاک‌ورزی و حداقل خاک‌ورزی نسبت به نظام خاک‌ورزی مرسوم بخاطر عدم برگردان خاک و باقی گذاشتن مقداری از بقایای گیاه قبلی در سطح خاک بود که مانع بروز فرسایش شد و تبخیر سطحی را کاهش داد و در نهایت منجر به حفظ محتوای رطوبتی خاک گردید.

آلوارز و استین باخ (Alvarez and Steinbach, 2009) گزارش کردند که رطوبت خاک در نظام‌های با خاک‌ورزی محدود بویژه در مراحل حساس کاشت و گلدهی بیشتر از خاک‌ورزی متداول بود، به‌طوری که در روش بی خاک‌ورزی تأمین کننده نیاز تبخیر و تعرق گیاه در مرحله حساس گلدهی برای مدت یک تا سه روز بود. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که علاوه بر حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، اقلیم نیز نقش مهمی در ذخیره محتوی رطوبت خاک دارد. تحقیق دیگری در اوهایو نشان داد که محتوای آب خاک با افزایش درجه حرارت خاک ناشی از برداشت بقایای کشاورزی از سطح مزرعه‌های شخم نخورده، کاهش یافت (Blanco-Canqui and Lal, 2008).

اثر اقلیم، اثر نظام‌های خاک‌ورزی و اثر برهمکنش آنها بر درصد کربن آلی خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد کربن آلی خاک در شهرستان خرم‌آباد در نظام بی‌خاک‌ورزی (۲/۰۱ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۷). کمترین درصد کربن آلی خاک در نورآباد و کوهدشت در نظام خاک‌ورزی مرسوم (۱/۳۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۷). ماده آلی خاک یکی از عوامل کلیدی است که پایداری خاکدانه‌ها را کنترل می‌کند. کربن آلی خاک از جمله صفاتی است که بهبود آن در خاک معمولاً در زمان کوتاهی اتفاق نمی‌افتد اما در این پژوهش در خرم‌آباد مشاهده شد (جدول ۷).

حفظ بقایای گیاهی، رطوبت و دمای مناسب از جمله عوامل موثر در تجزیه بقایای گیاهی و افزایش کربن آلی خاک به حساب می‌آیند (Salajegheh *et al.*, 2013). در کلیه مکان‌ها، افزایش ماده آلی خاک داشتیم که علاوه بر عوامل دیگر با حفظ بقایای گیاهی خاک در ارتباط است. نتایج این پژوهش با یافته‌ای کارلن و همکاران (Karlen *et al.*, 2006) مطابقت

دارد. آنها بیان کردند که بسیاری از عوامل از جمله آب و هوا، سابقه مدیریت، نوع خاک در روند پویایی کربن آلی خاک در نظام بی خاک‌ورزی در داکوتای شمالی تحت تاثیر قرار گرفت. درصد کربن آلی خاک با رعایت تناوب زراعی، بویژه در کشاورزی بدون شخم، افزایش می‌ابد. در پژوهش دیگری در شمال داکوتا نیز مشخص شد که تلفات کربن آلی خاک در گیاهان یکساله در روش خاک‌ورزی مرسوم بیشتر از تلفات کربن آلی خاک در نظام بی خاک‌ورزی بود (Halvorson, 2002).

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر اقلیم، اثر نظام‌های خاک‌ورزی و اثر برهمکنش آنها بر دمای خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین نشان داد که کوهدشت در نظام خاک‌ورزی مرسوم از دمای خاک بیشتر (۳۰/۱۰ درجه سانتی‌گراد) و خرم‌آباد در نظام بی خاک‌ورزی از دمای خاک کمتری (۲۱/۷۰ درجه سانتی‌گراد) برخوردار بودند (جدول ۷). افزایش دمای خاک در کوهدشت در نظام خاک‌ورزی مرسوم، در فصل بهار، ممکن است در نتیجه عدم پوشش بقایای گیاهی سطح خاک بود. در نظام‌های حداقل خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی با حفظ یک لایه پوشش کلشی روی سطح خاک از میزان تبخیر سطحی کاسته و باعث پایین ماندن دمای خاک می‌شود که این موضوع بخصوص در اواخر دوره رشد در بهبود عملکرد دانه گندم و نخود موثر بودند.

دمای خاک تابع پوشش بقایای سطحی خاک است. بنابراین برداشت یا اضافه نمودن بقایای گیاهی که بر تغییرات حرارتی خاک تاثیر می‌گذارد، برای فرآیندهای حاصلخیزی خاک کشاورزی ضروری است. دفن بقایای گیاهی در اثر شخم مقدار بقایای مانده در سطح خاک را کاهش می‌دهد و اثر منفی بر رژیم حرارتی خاک دارد. مالچ موجود در سطح خاک موجب حائل شدن و عایق شدن خاک در مقابل نوسان‌های شدید حرارتی می‌شود. این عامل سبب تعدیل انرژی تابشی سطحی و تغییرات گرمایی بین خاک و اتمسفر است (Salajegheh *et al.*, 2013). در یک تحقیق مشخص شد که در شرایط بی خاک‌ورزی و پوشش مالچ، خاک در بهار خنک‌تر از خاک شخم خورده بود. بعضی از تولید کننده‌ها در مناطق خنک و معتدل به نظام بی خاک‌ورزی تمایل ندارند زیرا دمای خنک خاک، رشد بذرها را کاهش می‌دهد و استقرار محصول و پوشش خاک را به تاخیر می‌اندازد (Arshad and Azooz, 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که حداقل نظام خاک‌ورزی با بهبود عملکرد گندم (۲۴۲۲/۷۸ کیلوگرم در هکتار) همراه بود و به عنوان روشی مناسب برای تولید گندم و می‌تواند جایگزین خوبی برای خاک‌ورزی مرسوم در دیم‌زارهای استان لرستان باشد.

تغییر نظام خاک‌ورزی از متداول به بی خاک‌ورزی برای نخود با مشکلاتی از جمله فشردگی خاک که بوسیله کارنده‌ها بوجود آمده بود همراه بود. نخود به دلیل حساسیت به فشردگی خاک، در نظام بی خاک‌ورزی از تولید مناسبی برخوردار نبود و نسبت به خاک‌ورزی مرسوم کاهش محصول داشت. ولی عملکرد آن در نظام حداقل خاک‌ورزی (۱۸۲۸/۸ کیلوگرم در هکتار) بهبود نشان داد. بنظر می‌رسد با اصلاح روش خاک‌ورزی بتوان عملکرد دانه نخود را در نظام خاک‌ورزی به حد قابل قبولی رساند.

نخود حساسیت زیادی به عدم تخلخل (ساختمان نامطلوب) خاک دارد. در نظام بی خاک‌ورزی نه تنها بهم خوردگی خاک وجود ندارد، بلکه در اثر تردد کمتر ماشین‌آلات کشاورزی، فشردگی کمتری نیز بوجود می‌آید. این موضوع به عنوان تنها عامل در افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک مطرح است. از طرفی استفاده از گاوآهن برگرداندار در خاک‌ورزی مرسوم با ایجاد کلوخه و برگرداندن خاک عمقی به سطح خاک، منجر به ایجاد خلل و فرج زیاد در لایه شخم خورده شد و وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را کاهش داد. نظام بی خاک‌ورزی با افزایش رطوبت حجمی خاک (۲۲/۰۹ درصد) و بهبود مواد آلی خاک (۲/۰۱ درصد کربن آلی) باعث کاهش اثر خشکسالی در سال ۱۳۹۶ شد، که ضمن تاثیر مثبت بر محیط زیست و کاهش فرسایش خاک، در تامین اهداف درازمدت در خصوص حفظ منابع آب و خاک، موثر بودند.

نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی ضمن صرفه‌جویی در زمان و تاثیر بر کاهش هزینه‌ها، با حذف عملیات خاک‌ورزی اضافی همراه بودند. این نظام‌ها با حفظ یک لایه پوشش کلشی روی سطح خاک در نظام بی خاک‌ورزی، از میزان تبخیر سطحی کاسته و باعث پایین ماندن دمای خاک (۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد) شد که این موضوع بخصوص در اواخر دوره رشد در بهبود و عملکرد محصول گندم و نخود موثر بودند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر نظام خاک‌ورزی مرسوم برتری نشان دادند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از مدیریت دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل و مدیریت، کارشناسان و کارکنان معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان که در اجرای این پژوهش مساعدت و همکاری کردند، سپاسگزاری می‌کنند.

References

Alvarez, R., and Steinbach, H. S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research Journal 104: 1-15.

Anonymous. 1992. Farm resource management program. Annual Report for 1992. ICARDA. Allepo. Syria.

Arshad, M. A., and Azooz, R. H. 2003. In-row residue management effects on seed-zone temperature, moisture and early grown of barley and canola in a cold semi-arid region northwesten Canada. American Journal of Alternative Agriculture 18: 129-136.

Azimzadeh, S., Zaheri, A., Koocheki, A., and Pala, B. 2002. Effect of different plowing methods on porosity specific gravity, soil moisture and wheat yield in dryland conditions. Journal of Crop Science 4 (3): 209-224 (in Persian).

Blanco-Canqui, H., and Lal, R. 2008. No-tillage and soil carbon sequestration-what do farm assessment. Soil Science Society of America 72: 693-701.

Chegini, M., Ansari Doost, Sh., and Eskandari, H. A. 2014. Effect of plowing type and management of plant remains on some physical properties of soil in order to achieve sustainable agriculture. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24 (2): 32-40 (in Persian).

Grigoras, M. A., Popescu, A., Pamfil, D., Has, I., and Gidea, M. 2012a. Conservation agriculture versus conventional agriculture: The influence of agriculture system, fertilization and plant protection on wheat yield. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 40 (1):188-194.

Grigoras, M. A., Popescu, A., Pamfil, D., Has, I., and Gidea, M. 2012b. Influence of no-tillage agriculture system and fertilization on wheat yield and grain protein and gluten contents. Journal of Food, Agriculture and Environment 10 (2): 532-539.

Hakimian, M., and Mahmoodi, Sh. 1998. Foundation of soil science. Tehran University Publications Tehran, Iran. 701pp. (in Persian).

Halvorson., A. D. Wienhold, B. J., and Black, A. L. 2002. Tillage, nitrogen and cropping systems effects on soil carbon sequestration. Soil Science Society of America Journal 66: 906-912.

Hemmat, A., and Eskandari, I. 2004. Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat-chickpea rotation in the northwest region of Iran. Soil and Tillage Research Journal 78 (1): 69-81.

Jin, H., Hongwen, L., Rabi, G. R., Qingjie, W., Guohua, C., Yanbo, S., Xiaodong, Q., and Lniji, L. 2011. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research Journal 113: 48-54.

Karlen, D. L., Hurley, E.G., and Andrews, S. S. 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt location. Agronomy Journal 98: 484-495.

Keatinge, J. D. H., and Cooper, P. J. M. 1984. Physiological and moisture-use studies on growth and development of winter sowing chickpea. pp. 141-157. In: Saxena, M. C. and Singh, K. B. (eds.) Proceeding of International workshop on Ascochyta Bligh and winter sowing chickpea. 4-7 May 1981, ICARDA, Aleppo, Syria.

Koocheki, A., and Boroumandzadeh, Z. 2009. Soil tillage in agricultural systems. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad University Publications. Mashhad, Iran. 437pp. (in Persian).

Mohammadi, Kh., Nabiollahi, K., Agha Alikhani, M., and Khormali, F. 2009. Effect of different tillage methods on physical properties of soil and yield and yield components of wheat. Journal of Plant Production Research 16 (4): 77-91.

Qin, H. L., Gao, W. S., Ma, Y. C., Yang, S. Q., and Zhao, P. Y. 2007. Effects of no-tillage on soil properties affecting wind erosion during fallow in Ecotone of north China. Asta Ecologica Sinica 9: 3778-3784 (in Chinese).

Salajegheh, A., Seyed Alipour, M., and Hosseinalizadeh, M. 2013. Principles and management and conservation of soils. University of Tehran Press. Tehran, Iran. 670pp. (in Persian).

Schillinger, W. F., Young, D. L., Kennedy, A. C., and Paulitz, T. C. 2010. Diverse no-till irrigated crop rotations instead of burning and plowing continuous wheat. Field Crops Research 115 (1): 39-49.

Walkley, A., and Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Zhao, M. Q., Hao, J. G., She, D. Q., Zhao, S. J., Fan, X. Q., and Liu, H. T. 2007. Conservation tillage in the interlock region of the farming area and pastoral area. Journal Agriculture Mechanical 2: 122-125 (in Chinese).